

KAISERLICHES

PATENTAMT.



# PATENTSCHRIFT

— Nr 286050 —

KLASSE 46 a. GRUPPE 2.

AUSGEGEBEN DEN 22. JULI 1915.

Dr. Ing. WILHELM SCHMIDT IN CASSEL-WILHELMSHÖHE.

Arbeitsverfahren für Gleichdruck-Verbrennungskraftmaschinen mit Vorkompression  
der Verbrennungsluft.

Patentiert im Deutschen Reiche vom 29. Juni 1911 ab.

Die Verbrennungsmaschinen mit allmäßlicher Verbrennung, d. h. Gleichdruck-Verbrennungskraftmaschinen oder Verbrennungskraftmaschinen, haben in der allein in Anwendung stehenden einstufigen Bauart zwar eine sehr wirtschaftliche Arbeitsweise, aber den großen Nachteil, daß ihre Leistung, mit anderen Kolbenmaschinen verglichen, im Verhältnis zu den Abmessungen ihrer Zylinder und Triebwerksteile 5 nur gering ist. Die Maschinen fallen daher verhältnismäßig schwer und in der Herstellung kostspielig aus. Da ferner die den Verbrennungskraftmaschinen eigentümlichen Schwierigkeiten mit zunehmender Zylindergröße wachsen und 10 die Verwendung von Zylindern über eine bestimmte Größe hinaus unmöglich machen, so ist auch die in einem Zylinder erzielbare Leistung verhältnismäßig gering. Große Maschinenleistungen erfordern daher eine große Zahl von 15 Zylindern, wodurch die Maschinen ebenfalls ververteilt werden.

Diese Nachteile röhren in der Hauptsache von dem bei einstufigen Gleichdruck-Verbrennungskraftmaschinen üblichen hohen Kompressionsgrad her. Bekanntlich komprimieren dieselben die Verbrennungsluft auf das Dreißig- bis Vierzigfache ihrer Anfangsspannung; daraus ergibt sich ein hoher Expansionsgrad, eine nur geringe Füllung des Zylinders (etwa 10 Prozent 20 bei Vollast) und eine, im Verhältnis zur Zylindergröße, zum auftretenden höchsten Kolben- und Gestängedruck und zu den Abmessungen der Triebwerksteile geringe Leistung.

Man hat schon versucht, die Gleichdruck-Verbrennungskraftmaschinen als Verbundmaschinen zu bauen, wobei ähnlich wie bei einer Verbunddampfmaschine die Leistung zu ungefähr gleichen Teilen auf zwei Zylinder verteilt werden sollte und auch die Kompression der Verbrennungsluft zweistufig erfolgte. Hierdurch wird der hohe Kompressionsgrad im Verbrennungszylinder und werden die daraus entstehenden Nachteile vermieden. Damit jedoch der Niederdruckzylinder einer solchen Verbundmaschine auch nur theoretisch an 35 nähern soviel Arbeit leistet als der Verbrennungszylinder, muß die Expansion in diesem in einem Stadium unterbrochen werden, wo die Verbrennungsgase noch sehr heiß sind (1000° und mehr). Sie verlieren infolgedessen 40 bei der Überleitung in den Abgaszylinder sehr viel Wärme. Hierdurch fällt die Verbundmaschine in der Ausnutzung des Brennstoffes soviel schlechter aus als eine einstufige Maschine, daß alle Vorteile der Verbundanordnung 45 mehr als aufgewogen werden.

Während die Nachteile der allgemein üblichen einstufigen Verbrennungskraftmaschinen in der Hauptsache von einem zu hohen Kompressionsgrad des Verbrennungszylinders herrühren, 50 beruht der Mißerfolg der Verbund-Verbrennungsmaschine auf einem zu geringen Kompressionsgrad ihres Verbrennungszylinders. Denn die hohe Temperatur der Abgase des Verbrennungszylinders, die die unmittelbare Ursache der 55 Unwirtschaftlichkeit ist, ist eine Folge des

geringen Expansions- und Kompressionsgrades. Bei gleichmäßiger Verteilung der Arbeit auf die beiden Zylinder einer Verbundmaschine ergibt sich nämlich für den Verbrennungszylinder eine ungefähr fünf- bis sechsfache Kompression. Hierzu muß, wenn eine selbsttätige Zündung und gute Verbrennung erreicht werden soll, eine Vorkompression der Verbrennungsluft auf 6 bis 8 Atm. hinzukommen.

10 Die vorliegende Erfindung betrifft nun ein Verfahren zum Betrieb von Gleichdruck-Verbrennungskraftmaschinen, das in der Mitte zwischen dem zurzeit allgemein üblichen einstufigen und dem soeben beschriebenen Verbundverfahren liegt. Das Verfahren besteht darin, daß der Verbrennungsluft eine Vorkompression von 2 bis 4 Atm. gegeben und im Verbrennungszylinder ein Kompressionsgrad angewendet wird, der erheblich niedriger ist als bei den allgemein üblichen einstufigen Gleichdruckverbrennungsmaschinen, aber zugleich erheblich höher als bei den bisher vorgeschlagenen Verbundmaschinen. Der Kompressionsgrad kann zwischen 12 und 20 schwanken. Der hohe Kompressionsgrad gilt für die geringe Vorkompression, der geringe für die hohe Vorkompression. Zweckmäßig werden dabei die Vorkompression und der Kompressions- bzw. Expansionsgrad im Verbrennungszylinder so hoch gewählt, daß das 30 Arbeitsvermögen ausreicht, um den Vorkompressor ohne eine zusätzliche Hilfskraft zu betreiben.

Mit der üblichen einstufigen Dieselmachine hat die, nach dem neuen Verfahren arbeitende Maschine den Vorteil gemein, daß die Erzeugung der gesamten Nutzarbeit dem Verbrennungszylinder allein zufällt.

Mit der oben beschriebenen Verbundmaschine stimmt sie insofern überein, als die Kompression 40 der Verbrennungsluft ebenfalls zweistufig erfolgt und im allgemeinen auch die Expansion der Verbrennungsgase, indem nämlich die Abgase des Verbrennungszylinders, sofern nicht etwa in Sonderfällen ihre Verwendung zu Heiz-, 45 Koch- oder ähnlichen Zwecken nützlicher erscheint, dazu verwendet werden, die Arbeit der ersten Kompressionsstufe der sogenannten Vorkompression ganz oder teilweise zu bestreiten.

Dagegen vermeidet die nach dem vorliegenden Verfahren arbeitende Verbrennungskraftmaschine die oben erwähnten Nachteile der einstufigen und der Verbund-Bauart. Denn der Kompressionsgrad im Verbrennungszylinder ist niedrig genug, daß die Leistung der Maschine 55 unter Berücksichtigung der gewählten Vorkompression in einem angemessenen Verhältnis steht zur Zylindergröße, zu dem auftretenden höchsten Kolben- und Gestängedruck und zu den Abmessungen der Triebwerksteile. Andererseits ist die Kompression und im Zusammenhang damit die Expansion so groß, daß der

Verbrennungszylinder für sich allein eine die Wirtschaftlichkeit der Anlage sicherstellende Ausnutzung des Brennstoffes ergibt; ohne daß in der zweiten Expansionsstufe ein Überschuß 65 an Nutzarbeit zur Erreichung einer ausreichenden Wirtschaftlichkeit der Anlage nötig wäre.

Daß die Wirtschaftlichkeit der nach diesem Verfahren arbeitenden Maschine diejenige der allgemein üblichen einstufigen Dieselmachine 70 erreicht, läßt sich klar erkennen, wenn eine gewöhnliche einstufige Dieselmachine, die atmosphärische Luft ansaugt und auf beispielsweise 30 Atm. komprimiert, einer nach dem Verfahren arbeitenden Maschine von gleichem Hubvolumen 75 des Verbrennungszylinders gegenübergestellt wird, die auf 2 Atm. vorkomprimierte Luft ansaugt und eine nur 1,5fache Kompression besitzt. Da der Höchstdruck bei beiden Maschinen gleich ist, so können auch die Abmessungen 80 der Triebwerksteile gleichgehalten werden. Die beiden Maschinen unterscheiden sich also baulich nur durch die Größe des Kompressionsraumes, der bei der vorliegenden Maschine ein etwas größeres Volumen besitzt. Um die Vergleichsgrundlagen in noch weitere Übereinstimmung zu bringen, werde angenommen, daß die vorkomprimierte Luft der Maschine so weit vorgewärmt ist, daß am Ende der Kompression 85 in beiden Maschinen trotz ihrer verschiedenen Kompressionsgrade die gleiche Temperatur, herrscht. Infolge der höheren Anfangstemperatur der vorkomprimierten Luft wird die Maschine, obwohl sie Luft von doppelt so hoher Spannung ansaugt, nicht ganz das doppelte 90 Gewicht an Verbrennungsluft aufnehmen, sondern nur ungefähr das 1,7fache. Ferner mögen beide Maschinen auch mit dem gleichen verhältnismäßigen Luftüberschuß arbeiten, woraus sich ergibt, daß auch am Ende der Verbrennung 100 nicht nur der Druck, sondern auch die Temperatur bei beiden gleich ist, und daß infolgedessen die Zylinderfüllung am Ende der Verbrennung bei der vorliegenden Maschine 1,7 mal so groß ist als bei der gewöhnlichen einstufigen Dieselmachine. Bekanntlich wächst nun die Größe der kühlenden Zylinderoberfläche bei Vergrößerung der Füllung nicht in demselben Maße wie die Füllung, weil die Oberfläche des Zylinderdeckels und des Kolbenbodens ihre 110 Größe unverändert beibehalten. Daher geht bei der nach der Erfindung arbeitenden Maschine, die wie erwähnt eine größere Füllung hat, in der Verbrennungsperiode verhältnismäßig weniger Wärme an die Zylinderwandungen und das Kühlwasser über, ebenso wie bei einer Dampfmaschine die durch die Kühlwirkung der Zylinderwandungen entstehenden Wärmeverluste mit wachsender Füllung prozentual geringer werden.

115 Es ist ferner bekannt, daß der absolute Beitrag der Reibungsverluste einer Kolbenmaschine

von der Füllung so gut wie unabhängig ist. Er ist daher bei der vorliegenden Maschine ungefähr ebenso hoch als bei der Dieselmachine, da jene aber ihrer größeren Luftmenge entsprechend 5 mehr Leistung entwickelt, sind ihre Reibungsverluste prozentual erheblich geringer.

Die Kühlwasserverluste sowohl als die Reibungsverluste sind bei der Dieselmachine üblicher Bauart verhältnismäßig hoch ( $\frac{1}{4}$ , der 10 aufgewendeten Wärme bzw.  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{5}$  der indizierten Leistung). Eine Verminderung dieser Verluste ist daher von großer Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit der Maschine. Dadurch erklärt es sich, daß bei dem gekennzeichneten 15 Verfahren der Verbrennungszylinder trotz seines niederen Kompressionsgrades den Brennstoff nicht schlechter ausnutzt als Dieselmachinen üblicher Bauart, und auch daß das ungünstige Verhältnis zwischen der Leistung und den Abmessungen der einstufigen Verbrennungsmaschine beseitigt wird. Denn die Maschine ergibt 20 bei gleichem Hubvolumen und gleichen Abmessungen der Triebwerksteile eine rund 1,7 mal so große Leistung als die nach dem einstufigen 25 Dieselperfahren arbeitende Maschine.

Dabei ist der Umstand, daß sie trotz ihrer erheblich größeren Leistung keinen höheren Kolben- und Gestängedruck besitzt und daher keiner stärkeren Triebwerksteile benötigt als die zum Vergleich herangezogene gewöhnliche einstufige Dieselmachine, eine Folge des geringeren Kompressionsgrades allein. Daß sie, vom Kompressionsraum abgesehen, keiner größeren Abmessungen des Verbrennungszylinders bedarf, ist eine Folge der Vorverdichtung. Es genügt jedoch die angegebene Vorkompression der Verbrennungsluft für sich allein, d. h. ohne gleichzeitige Anwendung des angegebenen Kompressionsgrades im Verbrennungszylinder, nicht, um das erstrebte Ziel zu erreichen. Ebensowenig genügt es, nur den Kompressionsgrad im Verbrennungszylinder den Angaben der Erfindung gemäß zu wählen, ohne gleichzeitig die angegebene Vorkompression zu verwenden.

Durch die sich bei dem Verfahren ergebenden Expansionsgrade des Verbrennungszylinders werden die Verbrennungsgase schon in diesem Zylinder so weit abgekühlt, daß sie bei der 50 Überleitung weniger Wärme verlieren als bei einer Verbund-Verbrennungsmaschine.

Es können auch höhere als die heute üblichen Verbrennungsdrücke mit Vorteil zur Anwendung gebracht werden. Beispielsweise kann 55 eine Vorkompression von 3 Atm. mit einem Kompressionsgrad von 15 kombiniert werden, wodurch sich ein Verbrennungsdruck von 45 Atm. ergibt. Außer einer weiteren Verkleinerung des Zylinders wird damit auch eine 60 Verbesserung der Verbrennung erzielt. Denn je stärker die Verbrennungsluft verdichtet ist,

um so rascher und sicherer findet jedes Teilchen des eingebrachten Brennstoffes die zu seiner Verbrennung nötige Sauerstoffmenge.

Es wird eine so hohe Endtemperatur der 65 Kompression angestrebt als für eine sichere Selbstzündung des Brennstoffes erforderlich ist. Im allgemeinen wird dies trotz des niederen Kompressionsgrades im Verbrennungszylinder erreicht, weil die Luft durch die Vorkompression 70 eine Vorwärmung erfährt. In Fällen, wo diese Vorwärmung nicht ausreicht, wird die Luft vor Eintritt in den Verbrennungszylinder noch künstlich erwärmt. In Fällen, wo Vorkompression und Kompressionsgrad so gewählt 75 sind, daß eine höhere Kompressionsendtemperatur erreicht würde, als zur sicheren Zündung notwendig wäre, ist es vorteilhaft, einen Teil der Vorkompressionswärme während oder nach der Vorkompression abzuführen, damit ein möglichst großes Luftgewicht in den Verbrennungszylinder eingeführt werden kann. Natürlich wäre es auch angängig, die gesamte Vorkompressionswärme durch Kühlung abzuführen. Die Zündung des Brennstoffes müßte 80 dann künstlich geschehen.

Der zur Vorkompression der Verbrennungsluft erforderliche Arbeitsbedarf ist nicht unerheblich. Es ist daher für das Verfahren von Bedeutung, daß die Vorkompressionsarbeit nicht oder doch möglichst wenig dem Arbeitsprozeß der eigentlichen Verbrennungskraftmaschine zur Last fällt. Aus diesem Grunde werden, wie schon vorher erwähnt, zur Leistung der Vorkompressionsarbeit die Abgase des Verbrennungszylinders herangezogen, sofern nicht etwa in Sonderfällen eine vorteilhaftere Verwendung derselben möglich ist, und zwar werden sie einer Heißluftmaschine (Kolbenmaschine oder Turbine) zugeführt, die ihrerseits den Vorkompressor (Kolben- oder Turbo-kompressor) antreibt. Die Abgase des Verbrennungszylinders besitzen bei dem Verfahren infolge des geringeren Kompressions- und Expansionsgrades ein erheblich größeres Arbeitsvermögen als bei Verbrennungskraftmaschinen, die mit einem bei einstufigen Gleichdruck-Verbrennungskraftmaschinen üblichen Kompressionsgrad arbeiten, was ihre Ausnutzung in einer Heißluftmaschine überhaupt erst rentabel macht, namentlich bei Zweitaktmaschinen, bei denen die Temperatur der Abgase des Verbrennungszylinders infolge des notwendigen Überschlusses an Spülluft verhältnismäßig weit herabgemindert ist. Andererseits ist die Temperatur der Abgase niedrig genug, um von einer künstlichen Kühlung der Überströmkanäle usw. absehen zu können. Die Vorkompression und der Kompressionsgrad können innerhalb der das Verfahren kennzeichnenden Zahlen-grenzen so gewählt werden, daß der Vorkompressor ohne eine zusätzliche Hilfskraft be-

trieben werden kann. Es ist in diesem Falle auch möglich, das Vorkompressionsaggregat als selbständige, von der Welle der Verbrennungskraftmaschine unabhängige Maschine auszubilden, sowie für eine Anzahl von Verbrennungsmaschinen ein gemeinsames Vorkompressionsaggregat zu verwenden.

Das Verfahren eignet sich, wie ohne weiteres ersichtlich, für alle Gleichdruck-Verbrennungskraftmaschinen, ist aber von besonderer Bedeutung für Zweitaktmaschinen, weil bei diesen bereits eine Kompressoranlage vorhanden ist,

die lediglich den Verhältnissen des Verfahrens entsprechend ausgebildet zu werden braucht.

15

#### PATENT-ANSPRUCH:

Arbeitsverfahren für Gleichdruck-Verbrennungskraftmaschinen mit Vorkompression der Verbrennungsluft, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbrennungsluft auf 2 bis 4 Atm. vorkomprimiert und im Verbrennungszylinder der Kompressionsgrad auf das 12 bis 20fache gesteigert wird.

20